

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2004/2005

Mac 2005

JIF 317 – Ilmu Fizik Atom

Masa : 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **EMPAT** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab SEMUA soalan.

Baca arahan dengan teliti sebelum anda menjawab soalan.

Setiap soalan diperuntukkan 100 markah.

1. Persamaan nilai eigen untuk atom hidrogen ialah

$$L^2 Y(\theta, \phi) = \lambda \hbar^2 (\theta, \phi)$$

di mana L^2 ialah operator momentum sudut yang diberikan oleh

$$L^2 = -\hbar^2 \left[\frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial}{\partial \phi^2} + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \right) \right]$$

- (a) Tunjukkan bahawa persamaan nilai eigen ini boleh dipecahkan kepada dua bahagian masing-masing berfungikan θ dan ϕ .

(40 markah)

- (b) Dengan menggunakan syarat keortogonan

$$\int_0^{2\pi} \Phi_m^* \Phi_m d\phi = \delta_{m'm}$$

di mana $\delta_{m'm}$ ialah fungsi dirac delta, cari penyelesaian penuh untuk fungsi $\Phi_m(\phi)$.

(40 markah)

- (c) Lakarkan plot polar ketumpatan kebarangkalian sudut $\theta_{lm}^* \theta_{lm}$ dan $\Phi_m^*(\phi) \Phi_m(\phi)$.

(10 markah)

- (d) Untuk keadaan nombor kuantum prinsipal $n = 3$, $n = 2$ dan $n = 1$, berikan set-set nombor kuantum orbitan dan nombor kuantum magnet yang mungkin.

(10 markah)

2. (a) Dengan menggunakan operator $L_z = -i\hbar \frac{\partial}{\partial \phi}$ dan syarat keortogonan yang sesuai, buktikan nilai jangkaan untuk L_z ialah

$$\langle L_z \rangle = m\hbar$$

(30 markah)

- (b) Jelaskan Prinsip Ekslusi Pauli. Dengan mempertimbangkan fungsi gelombang untuk dua zarah yang seiras dan tak bersalingtindakan, tertibkan prinsip ini.

(30 markah)

- (c) Jelaskan Petua Hund. Dengan menggunakan petua ini bina tatarajah elektron berasaskan petala K, L, M, ... dan sub-petala s, p, d, untuk atom $_{26}\text{Fe}$. Terangkan bagaimana konsep kemagnetan boleh wujud untuk atom ini.

(20 markah)

- (d) Terangkan asal-usul tenaga interaksi yang berlaku semasa gandingan antara momentum sudut orbitan L dengan momentum sudut spin, S dengan mengambil kira lintasan klasikal orbit elektron. Jelaskan fenomena yang wujud daripada tenaga interaksi ini.

(20 markah)

3. (a) Dengan berpandukan gambarajah paras tenaga, jelaskan kesan Zeeman Biasa dan kesan Zeeman Janggal.

(30 markah)

- (b) Di dalam ujikaji kesan Zeeman Biasa, diperhatikan garisan spektra optik untuk atom kalsium berpecah kepada tiga komponen apabila atom ini diletakkan di bawah medan magnet 3T. Jika setiap garisan dipisahkan oleh jarak 0.25 \AA antara satu sama lain, tentukan nisbah $\frac{e}{m}$ untuk elektron.

$$[c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}].$$

(20 markah)

- (c) Dengan berpandukan gambarajah yang sesuai, jelaskan ujikaji Stern-Gerlach. Perincikan bagaimana keputusan ini boleh membuktikan kewujudan spin elektron dan pengkuantuman ruang.

(30 markah)

- (d) Dalam ujikaji Stern-Gerlach, atom perak melintasi jarak 0.1 m melalui medan magnet tak homogen yang berkecerunan 60 T/m. Jika pengasingan yang diperhatikan di plot pemungut ialah 0.15 mm, tentukan halaju atom perak ini. Jisim atom perak ialah $1.79 \times 10^{-25} \text{ kg}$.

(20 markah)

4. (a) Berpandukan gambarajah yang sesuai, perelaskan jenis-jenis ikatan yang terdapat di dalam molekul.

(20 markah)

(b) Jelaskan sebutan-sebutan berikut untuk proses penghasilan laser

- (i) penyerapan teraruh (induced absorption)
- (ii) pancaran spontan (spontaneous emission)
- (iii) pancaran teraruh (induced emission)
- (iv) pengepaman optik (optical pumping)
- (v) populasi songsang (population inversion)

(20 markah)

(c) Dengan bantuan gambar rajah paras tenaga, terangkan bagaimana laser gas jenis He-Ne berfungsi.

(40 markah)

(d) Sebuah laser menghasilkan sinar laser yang berjarak gelombang 550 nm.

- (i) Jika pengepaman optik tidak digunakan, cari nisbah keseimbangan populasi paras atas berbanding dengan paras bawah ($T = 300\text{K}$).
- (ii) Cari pula nilai suhu supaya keadaan di bahagian d (i) mempunyai nisbah

$$\frac{N_{\text{atas}}}{N_{\text{bawah}}} = \frac{1}{2}.$$

(20 markah)

5. Tulis nota ringkas untuk **DUA** tajuk di bawah:

- (a) Model Bohr untuk atom dan kelemahannya
- (b) Petua Pilihan
- (c) Struktur halus
- (d) Liukan Larmor
- (e) Kaedah untuk menentukan struktur elektron dalam molekul.
- (f) Spektra-spektra molekul.

(100 markah)